

◆ 地震防災特集 ◆

アンカー工を施工した急傾斜地における地震時挙動の計測結果

門間敬一* 千田容嗣** 小嶋伸一***

1. はじめに

我が国では数多くの地震が発生している。甚大な被害を受けた兵庫県南部地震の直後に急傾斜地崩壊危険箇所や急傾斜地崩壊防止施設の目視による緊急点検が行われた。その結果、斜面上部のアンカー工頭部等の急傾斜地崩壊防止施設に軽微な損傷が確認されたが(図-1)、倒壊等によって災害防止機能を喪失するようなことはなかった。しかし、保全人家の安全性を確保する観点から、建設省内に学識経験者から構成される「地すべり防止施設等の耐震性に関する委員会」が設置され、設計基準の考え方等について検討された。その委員会では「現行の設計基準については基本的に見直す必要は当面見あたらないと判断される」と答申されたものの、「地すべり、がけ崩れに対する地震動の影響については不明点が多いことから地すべり土塊等、斜面の地震応答特性の解明、斜面の形状等による地盤の変位量の相違等について長期的に検討を進めていく必要がある」と報告された¹⁾。そこで地震に起因する斜面崩壊に対する適切なアンカー工の設計や2次災害防止などの緊急調査を

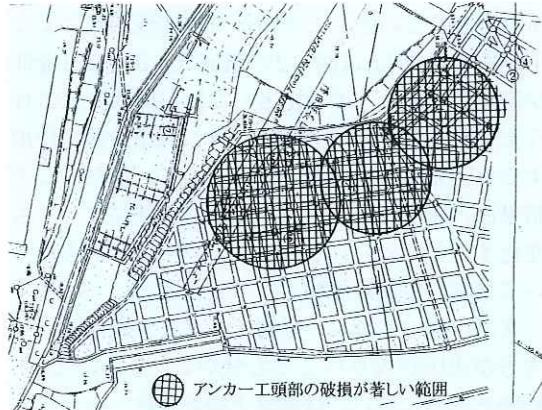


図-1 アンカー工の被災範囲の一例

効果的に行うための基礎資料を得ることを目的として、急傾斜地における地震時のアンカー工の挙動の計測及び解析を行った。

2. 急傾斜地における地震時のアンカー工の挙動観測概要

斜面に対する地震動の影響はこれまで斜面の高さに伴い増加するとされており、山腹斜面等での地震動の観測事例がみられるが、急傾斜地崩壊危険

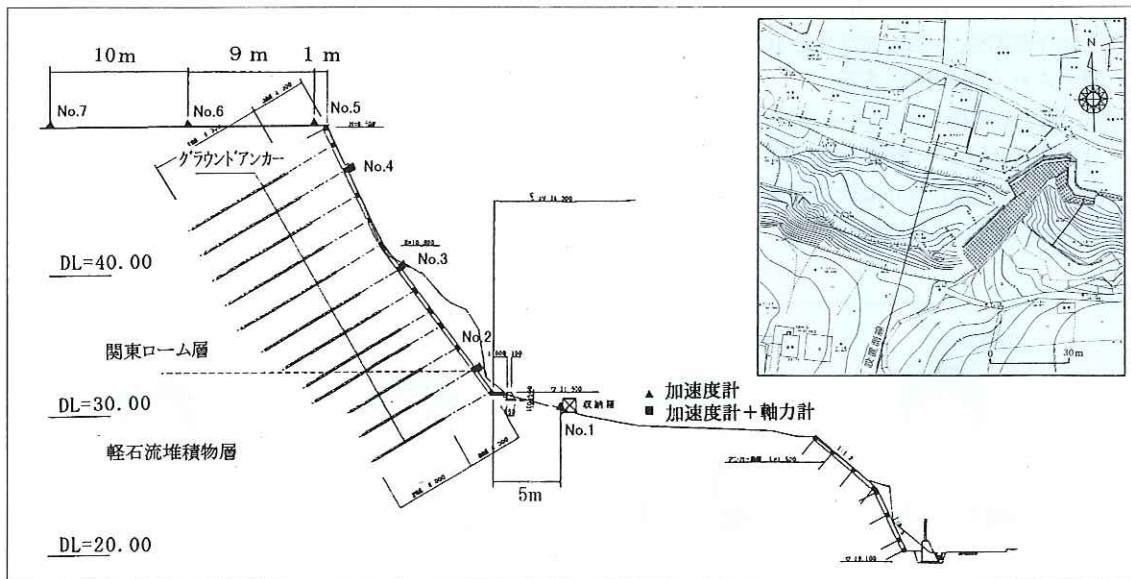


図-2 観測斜面断面図及び計器設置状況

表-1 観測期間中に発生した主要な地震

	年	月	日	時	分	規模 (M)	区域	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	震央 (km)	震度
①	1997	8	9	5	34	5.1	埼玉県南部	35.9	139.5	70	77	1
②	1997	9	8	8	40	5.2		35.6	140.0	110	86	1
③	1997	11	4	10	31	3.7	神奈川県西部	35.2	139.1	20	8	3
④	1998	5	3	11	9	5.4	伊豆半島東方沖	35.0	139.1	10	29	2
⑤	1998	8	29	8	46	5.4	東京湾	35.6	140.0	70	86	2

箇所の対象となるような斜面高さ5m以上の斜面や台地状斜面のり肩を対象とした観測事例は見あたらない。また、既存の観測事例では基岩(表層土より下位)の地震動を対象としており、急傾斜地の崩壊土塊となる表土層の挙動の計測を目的としていない。そこで急傾斜地斜面及びアンカーワークに計測器を設置して地震動の観測を行った。

観測地は、比較的地震の発生回数が多い地域にあることや、斜面の状況(台地状斜面、斜面高、アンカーワーク施工)から神奈川県小田原市の北向きの台地状斜面を選定した。斜面高は約20mで、平成8年度急傾斜地崩壊危険箇所点検(約8万箇所)結果による台地状斜面約3万箇所の平均値でもある。

計測器を設置した斜面を図-2に示す。計測器は高さや斜面上部の奥行き方向に対する地震動の強さを比較出来るように、測点No.1及び5~7には、表層土に打説したコンクリートブロック(30cm×30cm)の上に加速度計(3方向)を、測点No.2~4には、のり枠の交点付近に加速度計(3方向)、アンカーヘッド部に軸力計を設置した。

3. 観測された主な地震動

計器設置後の1997年6月(H6.6)~1999.

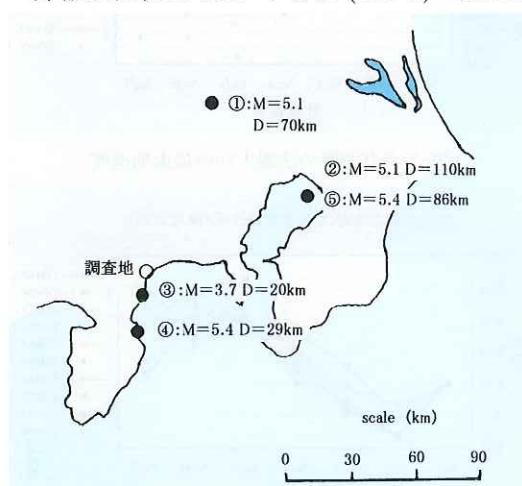


図-3 主な地震の震央位置図
(M:マグニチュード、D:震源深さ)

12月(H11.12)までに観測された主な地震は表-1、図-3に示すとおりである。地震の震央は、調査地に対して東北東・北北東あるいは南方向に分布している。

表-1、図-3の③~⑤の地震におけるNo.1加速度計の観測波形を図-4に示す。なお、③~⑤の

の地震のNo.1における加速度記録から水平面状に加速度の発生頻度を調べると、地震により加速度の方向等の分布状況は異なっていた。

4. 急傾斜地の加速度及びアンカーワークの軸力増加

③~⑤の地震におけるNo.4、5の法線方向(南北方向)加速度応答スペクトル(スペクトル解析は、③の地震では主要動を含む25秒間、④、⑤の地震では50秒間のデータを用いて解析)を調べ

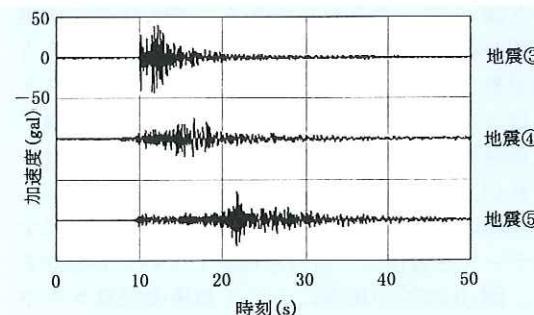


図-4 ③~⑤地震の南北方向加速度 (No.1)

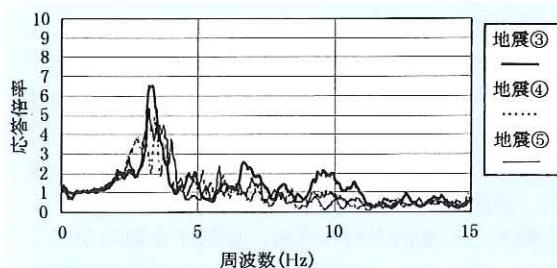


図-5 (a) No.4 の加速度応答スペクトル

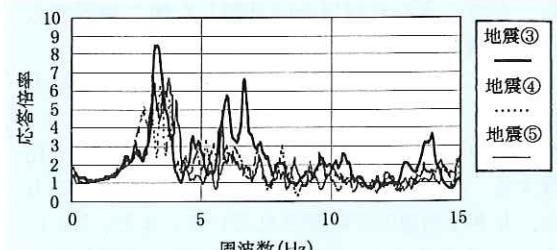


図-5 (b) No.5 の加速度応答スペクトル

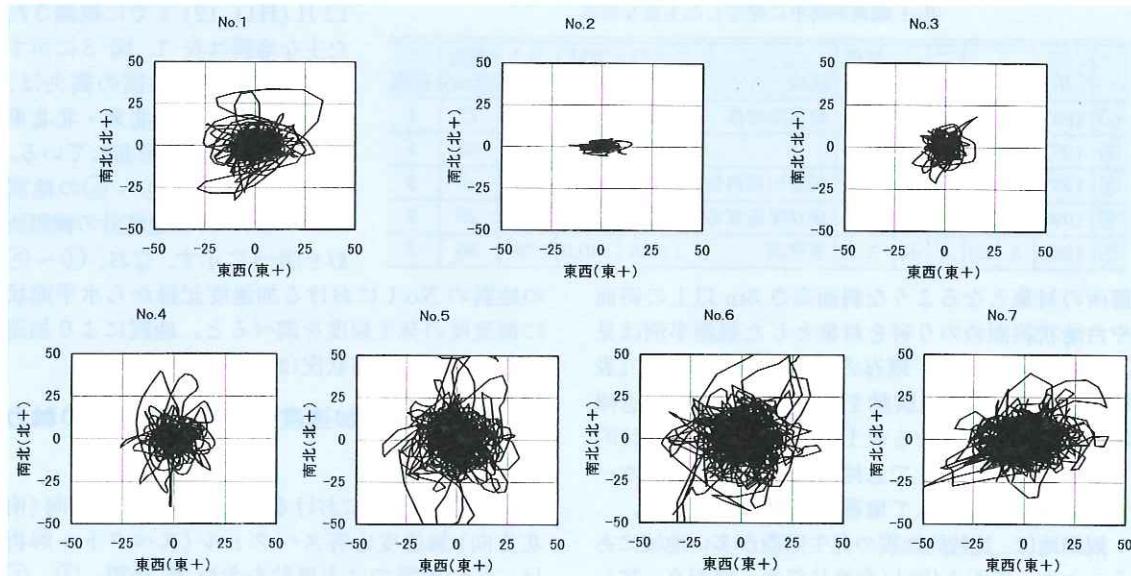


図-6 加速度記録の水平面上での軌跡 (⑤地震、単位 : gal)

ると図-5に示すとおりである。3Hz付近に卓越周期が認められる。また、調査地点からの震央方向が異なる④、⑤の地震では加速度応答スペクトルはほぼ一致した形状になっているが、③の地震では卓越周波数3Hz以外にも6Hz、10Hz付近及びそれ以上の領域で多少応答が大きくなっている。この原因は不明であることから、今後の観測によりデータを蓄積し、原因を検討していく必要がある。図-6は⑤の地震について加速度記録から水平面上の軌跡をプロットしたものである。のり柱工で計測したNo.2~4では斜面上部に行くに従い斜面法線(南北)成分の加速度が生じている。また、台地のり肩付近で計測したNo.5と台地の平地で計測したNo.7を比較すると、No.5は東西及び南北方向に均等に軌跡が描いているが、No.7では東西方向の軌跡の卓越する傾向がみられる。また、斜面下部で計測したNo.1とNo.7を比較すると両方とも東西方向の軌跡が卓越する傾向がみられる。以上から、斜面上部及びのり肩では地震により斜面法線方向に振動しやすいことが認められる。このような状況は今回計測した他の地震でも同様の傾向が認められる。

図-7には、各地震時ののり面法線方向の最大加速度を示す。計測器の設置状況や位置により、No.2~4とNo.1、No.5~7との各々について比較する。No.2~4では斜面上部に設置してある方が、大きな加速度が観測されている。また、No.1、No.5~7をみると、斜面のり肩付近に設置してあるNo.5、次いでNo.6の順に大きな加速度が観測

されている。

各地震では、地震動の大きさが異なることから図-8~10に示すように、各計測機器の最大・最小加速度を斜面下方の平地に設置してあるNo.1を基準にして倍率を求めて整理した。

図-8~10より斜面法線方向の加速度倍率は他の方向の倍率と比べて大きい。さらに図-8~10

斜面法線方向加速度(南北方向:南+)

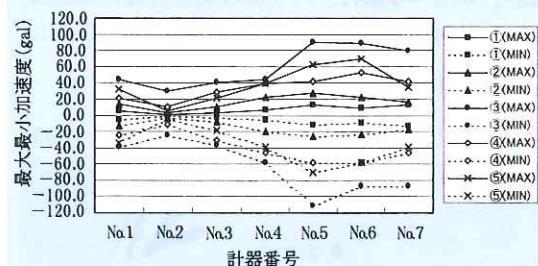


図-7 各計測器の法線方向の最大加速度

斜面法線方向最大加速度の倍率(南北方向)

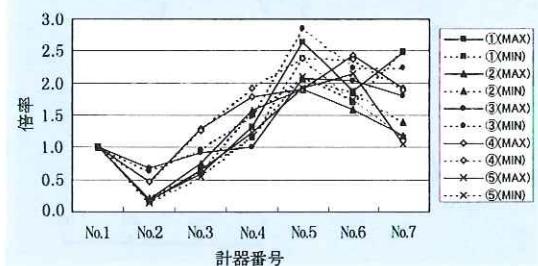


図-8 斜面法面方向最大加速度倍率 (No.1 基準)

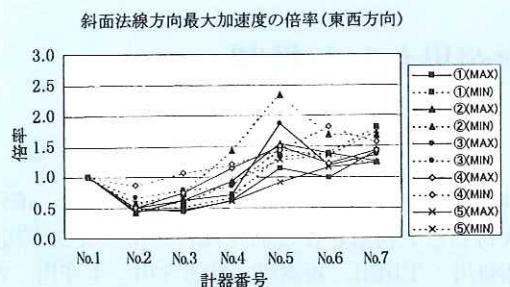


図-9 斜面方向最大加速度倍率 (No.1 基準)

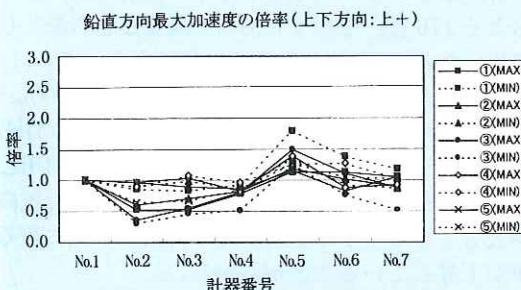


図-10 鉛直方向最大加速度倍率 (No.1 基準)

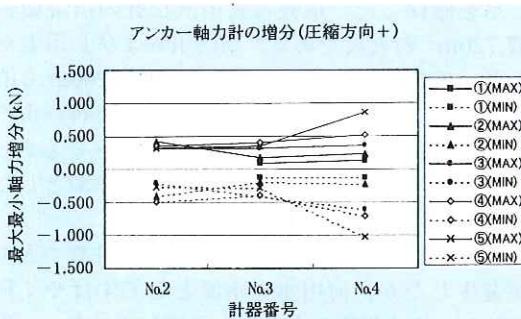


図-11 軸力計の荷重変化状況

測点 (No.2~4) では斜面上部ほど増加する傾向から斜面法線方向では斜面上部の測点 (No.5~7) では奥へいくほど減少する傾向が、のり枠工上のみられる。

図-11は、①～⑤の地震時におけるアンカー軸力計の増分を示した図である。0.15KN程度のノイズがあるが、加速度の場合と同様に斜面上部の方が大きな荷重増加が生じている。

5.まとめ

地震に起因する斜面崩壊に対する適切なアンカーワークの設計や2次災害防止などの緊急調査を効果的に実施するための基礎資料を得ることを目的として、急傾斜地崩壊危険箇所における地震時のアンカーワークの挙動を計測及び解析した結果、以下のことがわかった。

- 1) 観測された震度3程度までの地震動の観測結果から、斜面に生じる加速度やアンカーワークに生じる加速度や軸力の変動量は斜面上部の方が大きい。
- 2) 震央方向・深さが異なり、地震動特性が異なる地震動が観測されたが、斜面下部の平地の設置された加速度計を基準とした場合の斜面位置毎の特性はほとんど変わらない。
- 3) また、最大加速度は斜面方向よりも斜面法線方向の増幅が著しい。

以上の結果は、図-1に示す兵庫県南部地震による一被災事例と同様の傾向となっている。地震時の緊急点検の際、斜面上部に設置されたアンカーワークに特に注意が必要であると言われているが今回の計測結果からこのことが裏付けられた。

今後は斜面の横断形や平面的な地形の影響の検討を行うとともに、より大きな震度時の挙動観測と、シミュレーションにより斜面の挙動とアンカーワーク被災時の厳密な挙動を解明する必要がある。

なお、神奈川県小田原土木事務所の協力により計器の設置及び観測を行った。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 大野宏之：地すべり防止施設等の耐震性について、積算技術, pp.50-52, 1996.

門間敬一*



建設省土木研究所砂防部
砂防技術総括研究官
Keiichi MONMA

千田容嗣**



同 急傾斜地崩壊研究室
主任研究員
Yoji CHIDA

小嶋伸一***



建設省土木研究所企画部企画課
(前) 急傾斜地崩壊研究室研究員
Shinichi KOJIMA